

## A MAKROGERINCTELEN FAUNA VÁLTOZÁSA A VÖLGYSÉGI-PATAK HOSSZ-SZELVÉNYÉBEN EGYES BIOTIKUS INDEXEK ALAPJÁN

CZIROK ATTILA<sup>1</sup> – HORVAI VALÉR<sup>1</sup> – GYULAVÁRI HAJNALKA ANNA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség, Mérőközpont, 7621 Pécs, Papnövelde u. 13.

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem, TEK, TTK, Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

### THE CHANGES OF THE MACROINVERTEBRATE FAUNA ALONG THE STREAM VÖLGYSÉGI-PATAK ON THE BASIS OF SOME BIOTIC INDICES

A. CZIROK<sup>1\*</sup> – V. HORVAI<sup>1</sup> – H.A. GYULAVÁRI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>South Transdanubian Regional Environmental, Nature Conservation and Water Management Inspectorate, Laboratory, Pécs H-7621, Papnövelde u. 13., Hungary, \*Corresponding author, e-mail: teattla@gmail.com

<sup>2</sup>University of Debrecen, Department of Hydrobiology, Faculty of Science and Technology, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

**KIVONAT:** A Völgységi-patak hossz-szelvényében 12 mintavételi helyen vettünk 1-illetve 2 alkalommal makrogerinctelen mintát 2008 során. Célunk elsősorban a további vizsgálatok megalapozásához szükséges adatok megszerzése volt. Emellett megvizsgáltuk, hogy egyes, a makrogerinctelen közösséget leíró indexek közül melyek jelzik jól a patak állapotát, és különösen a degradációs hatásokat.

**Kulcsszavak:** szaprobitás index, diverzitás, EPT taxonszám, rheoindex, MMCSP, Q<sub>BAP</sub>-index

**ABSTRACT:** Macroinvertebrate samples were taken at 12 sites along the Völgységi-stream, once or twice depending on the site in 2008. Our aim was to collect data necessary to establish further investigations, and to test how some of the often used indices describe the ecological state of the stream, and especially the antropogen effects.

**Key words:** saprobic index, diversity, number of EPT taxa, rheoindex, BMWP, Q<sub>BAP</sub>-index.

## Bevezetés

A Víz Keretirányelv bevezetésére való felkészülésként a Völgységi-patakon Bonyhádnál 2005-2007-ben, Magyaregregynél 2006-tól történtek makrozoobentosz mintavételek. A VKI fő célkitűzése a vizek jó állapotának elérése 2015-ig. Ennek végrehajtása során hangsúlyos lépés az ökológiai állapot meghatározása, ami a vízgyűjtő gazdálkodási tervek első elemének, a víztestek jellemzésének alapeleme.

Elsődleges célunk a Völgységi-patak makrogerinctelen faunájának bevezető vizsgálata, a későbbi vizsgálatok megtervezéséhez szükséges alapadatok megszerzése volt. Tudni szeretnénk volna, hogy a korábbi vizsgálatokból megismert magyaregregyi hegyi-dombvidéki fauna milyen hatásokra, és milyen átmenetekkel alakul át a Bonyhád fölötti szakaszon talált, a törzshálózati pontokra jellemző állapotú makrogerinctelen közösséggé.

## Anyag és módszer

A Völgységi-patak Bonyhád előtti szakasza 2005-ig törzshálózati mintavételi hely volt, ma az operatív monitoring keretében vizsgáljuk. Ennek megfelelően évtizedes vízkémiai adatsorok állnak rendelkezésünkre. Magyaregregynél 2006 óta folynak vízkémiai vizsgálatok. Az adatsorok alapján jelentős különbség van a magyaregregyi és a Bonyhád előtti szelvény minősége között. (1. táblázat).

A részletes vízkémiai adatsorokat elemezve feltűnő, hogy Magyaregregynél 2006 óta a 28 mérésből az általában mért alacsony értékek között előfordul egy magas, IV. osztályú  $\text{NH}_4^+$  koncentráció (MSZ:12749 szerint), valamint két III. osztályú kémiai oxigénigény-érték is. Ez arra utal, hogy ismeretlen gyakorisággal, de nem folyamatosan szennyezés éri a patakat.

**1. táblázat.** A Völgységi-patak két szelvényében mért egyes vízkémiai komponensek 2006-2008 évi értékeinek átlaga.

	Oldott $\text{O}_2$ mg/l	Vez. kép. $\mu\text{S}/\text{cm}$	KOIsp eredeti mg/l	$\text{NH}_4$ -N mg/l	$\text{NO}_2$ -N mg/l	$\text{NO}_3$ -N mg/l	$\text{PO}_4$ -P mg/l	Összes P eredeti mg/l	a-klorofill mg/ $\text{m}^3$	Vízhozam $\text{m}^3/\text{sec}$
M.egregy	10,18	550,22	4,29	0,08	0,02	0,80	0,13	0,23	3,70	0,09
Bonyhád	9,88	703,64	8,51	0,51	0,09	4,51	0,33	0,51	16,51	0,79

A bonyhádi szelvény adataiból kitűnik, hogy gyakori a III-IV. osztályú  $\text{NH}_4^+$  koncentráció. Különösen így van a téli időszakban, amikor a felvízi szennyvíztelepeken és általában a vizekben a szerves anyagok lebontása során a folyamat megáll az ammónia képződésénél, mivel a nitrifikáló baktériumok nem tűrik a hideget (FELFÖLDY 1981). Itt 2006 óta a 28 mérésből 8-szor mértek III. osztályú, egy ízben pedig az V. osztály határértékét kétszeresen meghaladó kémiai oxigénigényt. A kisvízfolyásokon havária- vagy alkalmasszerűen, esetleg rendszeresen, de nem folyamatosan lefolyó szennyezések vízkémiai adataikba való bekerülése esetleges, bár az ammónium koncentráció magyaregregyihez képest több mint 6-szoros átlaga így is feltűnő. Az, hogy az időbeni hatásokat összegzik, kiemeli a makrogerinctelen élőlények szerepét a monitoringban (CSÁNYI 1997).

Magyarországon a Környezetvédelmi Felügyelőségek gyakorlatában a Magyar Makrozoobenton Család Pontrendszer (MMCSP) (CSÁNYI 1997) és a

Típus-specifikus karakterfaj-elemzést ( $Q_{BAP}$ -index) (SZILÁGYI 2006) használják a makrogerintelenek alapján történő vízminősítésre. Több országban elterjedt a különböző metrikák, valamint az ezek kombinációjaként létrehozott multimetrikus indexek használata a vízi makrogerintelen közösségek értékelésében. Az egyik megközelítésben víztesttípusonként (stresszor-specifikusan) eltérő metrikákat használnak (OFENBÖCK et al. 2004), más részük ugyanazt a multimetrikus indexet alkalmazza minden típusra, de típus-specifikus értékeléssel (BÖHMER et al. 2004). Magyarországon jelenleg nem áll rendelkezésre multimetrikus index a vizek minősítésére.

A szokásos vízminőségi monitoringban az egy vízfolyáson megszokottnál jóval több mintavételi helyen nyert adatok elemzésével vizsgáltuk, hogy a már használatban levő és az ASTERICS 3.1.1. (European stream assessment program) szoftver által számított egyes indexek, mutatók hogyan jelzik a makrogerintelen közösség összetételének változásait, ezen keresztül a fajösszetétel változásainak hátterében álló okokat. A rendelkezésre álló sokféle index közül kiválasztottuk azokat, amelyek nem kötődnek országokhoz, állatföldrajzi területekhez. Ezek közül csak azokat vizsgáltuk tovább, amelyek a jelen vizsgálat során feltárt legjelentősebb minőségromlást - a Máza város tisztított szennyvizének beeresztését - jól jelezték. Az egyes indexeket és rövid jellemzésüket a 2. táblázat tartalmazza.

**2. táblázat.** Az egyes indexek és rövid jellemzésük.

INDEX	szükséges taxonómiai felbontás	jellemzők	mennyiségi adat kell	mire érzékeny
MMCS (BMWPHU)	család	érzékeny / nem érzékeny taxonok aránya, gyors, robusztus	nem	szerves szennyezés
TAP (ASPT)	család	érzékeny / nem érzékeny taxonok aránya	nem	szerves szennyezés
OP	család	taxonszám, érzékeny / nem érzékeny taxonok aránya	nem	
Si (Zelinka & Marvan 1961)	faj	érzékeny / nem érzékeny taxonok aránya	igen	szerves szennyezés
QBAP	faj	típus specifikus, a karakterfaj készlet továbbfejlesztésre szorult	igen	általános degradáció
Rheoindex (Banning 1998)	faj	(Reofil + remnobiont)/(limnofil + limnobiont) fajok egyedszáma	igen	szerves szennyezés, általános degradáció
EPT egyedszám%	rend		igen	
EPT taxon szám	faj		igen	
Shannon-diverzitás ind.	faj	legjobban a legnagyobb abundanciájú faj befolyásolja	igen	hidromorfológiai degradáció, általános degradáció, szerves szennyezés
Simpson-diverzitás ind.	faj	erősen befolyásolja néhány domináns faj	igen	
Margalef-diverzitás ind.	faj	érzékeny a fajgazdagságra, nem érzékeny az egyenletességre	igen	
mikrohabitat preferencia akal+lithal+psammal%	faj		igen	
RETI (Schweder 1990)	faj	aprítók és legelők (kaparók) aránya	igen	

A mikrohabitat preferencia alapján számolt akal+lithal+psammal% index a rheoindexhez nagyon hasonlóan alakult, ezért a továbbiakban csak a főkomponens analízisben szerepeltettük. Az analízist a Syn-Tax szoftver segítségével végeztük (PODANI 2000). A szaprobitás-index (Si) használatának nagy hagyományai vannak Magyarországon, de erre a célra elsősorban a planktonikus szervezeteket használták. Valószínűleg ezért a „Szaprobiológiai Indikátorfajok Jegyzéke” (GULYÁS 1998) viszonylag kevés makrogerintelen faj adatait tartalmazza. Az Asterics szoftver Ausztriára kidolgozott változatával dolgoztunk, ami a „Fauna Austriaca” adatbázisát használja. A Si-et ZELINKA és MARVAN (1961) módszerével számolja, szemben a hazánkban elterjedt Pante-Buck módszerrel. Különbség lehet az egyes fajok Ausztriában és Magyarországon használt szaprobitási értékei között is. Szükséges a különböző országok szaprobitási rendszereit összehangba hozni (ROLAUFFS et al. 2004).

A mintavétel 1 mm szembőségű, 1,5 m hosszú nyéllel ellátott kézi hálóval történt, az erőteljesen megbolygatott üledékből, a keverő-hálózó mozdulatokkal „kick and sweep” módszerrel. A kövekről, faágakról kézzel, illetve csipesz segítségével gyűjtöttük össze az állatokat. A mintavétel az MSZ EN 27828 (1998) szabvány

szerint történt. A különböző aljzattípusokon 25x25 cm-es mintakvadrátokból vettünk almintákat a mintavételi helyre jellemző élőhely típusok %-os arányának megfelelően, úgy, hogy a teljes minta összetétele tükrözze a különböző élőhelyek, aljzattípusok adott szakaszra jellemző arányát.

A mintavétel helyszínén az élő mintát világos színű, 20x30 cm-es műanyag fotótálcára tettük az állatok kiválogatása céljából. Ekkor feljegyeztük a szabad szemmel elkülöníthető taxonok egyedszámát. A helyszínen kiválogatott állatokat 70%-os etanolban tartósítottuk. A tartósított, kiválogatott mintát dobozban, hűtőtáskában szállítottuk a laboratóriumba, ahol feldolgozásig hűtőszekrényben tároltuk.

A Völgységi-patak bemutatása másik cikkben megtörtént (HORVAI et al. 2008). Az ott ismertetetteken kívül egy mintavételi hely eredményei kerülnek bemutatásra. Bonyhád és Tabód közötti torkollik egy kis patak, a Völgységi-malomárok (12. mvh.) a Völgységi-patakba (A mintavételi hely koordinátái: 46°21'27.99"N; 18°33'32.37"E, és a mintavétel időpontja: 2008.07.22.). Mivel sem halastó, sem település nincs a vízgyűjtőjén, ezért bevontuk a vizsgálatokba, azt remélve, hogy segítségével bizonyos következtetéseket vonhatunk le a főágot ért degradációs hatások mértékéről, mivel kevésbé szennyezett síkvidéki jellegű vízfolyás.

A mintavételi helyek a következők voltak: Völgységi-patak forrásvidék (Vp fv.) Hidas-patak torkolati szakasz (Hp tork), Völgységi-patak tározó fölött 100 m (Vp tf), tározó alatt (Vpta), Magyaregregy fölött (VpMe), Vékény alatt (VpVé), Váralja (VpVá), Kismányok (VpKm), Bonyhád előtt (VpBe), Bonyhád-Tabód között (Vp B-T), 6-os út síófoki elágazás (VpS), Völgységi-malomárok (VpMá).

## Eredmények

A két mintavételi körben vett mintákban összesen 102 taxont határoztunk meg (3. táblázat), egyes esetekben faj feletti szintig.

A Völgységi-patak forrásvidéktől Magyaregregyig tartó szakasza 2-es víztesttípusba lett sorolva. A típuspecifikus karakterfaj-elemzés ( $Q_{BAP}$ -index) szerint ez a szakasz a tározó alatti mintavételi helyig közepes állapotú (4. táblázat). A MMCSP nem adott ilyen egységes értékelést erről a szakaszcsoportról (5. táblázat).

A patak felső szakaszán (1. és 2. mvh.) csak tavasszal vettünk mintát. A két patakágban fogott fajok száma hasonló (18. ill.19), és mintegy felük csak az egyik ágból került elő. A többi mintavételi helytől elkülönülő, kedvező értéket csak a Si és a rheoindex adott.

A tározó feletti 3. mintavételi helyen csak júniusban vettünk mintát. Itt volt az év során a legmagasabb az EPT taxonszám (14), a rheoindex értéke maximális, 1. A MMCSP szerint kiváló minőségű. A diverzitás indexek közül a Margalef-index itt éri el a főágban a legmagasabb értéket. A  $Q_{BAP}$ -index szerint közepes állapotú.

A tározó alatti mintavételi helyen a nyári minta mindhárom számolt diverzitás indexe (5. ábra) jóval alacsonyabb volt, mint a fölötté és alatta levő helyeken. A nyári mintában az egyedek 96%-a Gammaridae (*G. fossarum* Koch, 1835) volt. A Si sem tavasszal, sem nyáron nem volt jelentősen magasabb a tározó feletti értékeknél (4. ábra). Az EPT taxonszám a tározó alatt áprilisban 11, júliusban 9 volt.

### 3. táblázat. A Völgységi-patak vízgyűjtőjén 2008-ban előkerült taxonok jegyzéke.

#### Platyhelminthes

*Crenobia alpina* (DANA, 1766)

#### Gastropoda

*Physella acuta* DRAPANAUD, 1805

*Potamopyrgus antipodarum* (GRAY, 1834)

*Radix auricularia* (LINNAEUS, 1758)

*Radix peregra* (O.F. MÜLLER, 1774)

#### Lamellibranchiata

*Musculium lacustre* (O.F. MÜLLER, 1774)

*Pisidium* sp.

*Sphaerium corneum* (LINNAEUS, 1758)

#### Oligochaeta

*Naididae/Tubificidae*

#### Hirudinea

*Branchiobdella* sp.

*Erpobdella octoculata* (LINNAEUS, 1758)

*Erpobdella vilnensis* (LISKIEWICZS, 1925)

*Glossiphonia complanata* (LINNAEUS, 1758)

*Haemopsis sanguisuga* (LINNAEUS, 1758)

*Helobdella stagnalis* (LINNAEUS, 1761)

#### Crustacea

*Asellus aquaticus* (LINNAEUS, 1758)

*Astacus astacus* (LINNAEUS, 1758)

*Gammarus fossarum* KOCH, 1835

*Gammarus roeselii* GERVAIS, 1835

*Synurella ambulans* (F. R. MÜLLER, 1846)

#### Plecoptera

*Isoperla tripartita* ILLIES, 1954

#### Megaloptera

*Sialis fuliginosa* PICTET, 1836

*Sialis lutaria* (LINNAEUS, 1758)

#### Ephemeroptera

*Baetis rhodani* (PICTET, 1843)

*Baetis* sp.

*Cloeon dipterum* (LINNAEUS, 1761)

*Ecdyonurus* sp.

*Electrogena* sp.

*Ephemerella danica* MÜLLER, 1764

*Habroleptoides confusa* SARTORI & JACOB, 1986

*Habrophlebia fusca* (CURTIS, 1834)

*Paraleptophlebia submarginata* (STEPHENS, 1835)

#### Odonata

*Calopteryx splendens* (HARRIS, 1782)

*Calopteryx virgo* (LINNAEUS, 1758)

*Cordulegaster heros* (THEISCHINGER, 1979)

*Coenagrionidae*

*Gomphus vulgatissimus* (LINNAEUS, 1758)

*Ischnura elegans* (VANDER LINDEN, 1820)

*Libellula depressa* LINNAEUS, 1758

*Orthetrum albistylum* (SELYS, 1848)

*Orthetrum brunneum* (FONSCOLOMBE, 1837)

*Platycnemis pennipes* (PALLAS, 1771)

#### Heteroptera

*Aquarius palludum* (FABRICIUS, 1794)

*Aquarius najas* (DE GEER, 1773)

*Corixidae* Lv.

*Gerridae* Lv.

*Gerris lacustris* (LINNAEUS, 1758)

*Ilyocoris cimicoides* (LINNAEUS, 1758)

*Micronecta scholtzi* (FIEBER, 1860)

*Nepa cinerea* LINNAEUS, 1758

*Notonecta glauca* LINNAEUS, 1758

*Notonecta viridis* DELCOURT, 1909

*Sigara falleni* (FIEBER, 1848)

*Sigara lateralis* (LEACH, 1817)

*Velia caprai* TAMANINI, 1947

*Velia saulii* TAMANINI, 1947

#### Coleoptera

*Anacaena limbata* (FABRICIUS, 1792)

*Dytiscus dimidiatus*, BERGSTRASSER, 1778

*Elmis maugetii* LATREILLE, 1802

*Gyrinus substriatus* STEPHENS, 1829

*Halplus lineatocollis* (MARSHAM, 1802)

*Hydraenidae*

*Hydroglyphus geminus* (FABRICIUS, 1792)

*Hydrophilidae* Lv.

*Halplus* sp.

*Laccobius* sp.

*Laccophilus hyalinus* (DE GEER, 1774)

*Laccophilus minutus* (LINNAEUS, 1758)

*Limnius volckmari* (PANZER, 1793)

*Noterus clavicornis* (DE GEER, 1774)

*Orectochilus villosus* (O.F.MÜLLER, 1776)

*Platambus maculatus* (LINNAEUS, 1758)

*Riolus cupreus* (P.J.W. MÜLLER, 1806)

*Riolus subviolaceus* (P.J.W. MÜLLER, 1817)

#### Trichoptera

*Anabolia furcata* BRAUER, 1857

*Chaetopteryx fusca* BRAUER, 1857

*Chaetopteryx major* MCLACHLAN, 1895

*Halesus tessellatus* (RAMBUR, 1842)

*Hydropsyche angustipennis* (CURTIS, 1834)

*Hydropsyche modesta* NAVÁS, 1925

*Hydropsyche pellucidula* (CURTIS, 1834)

*Hydropsyche saxonica* MCLACHAN, 1884

*Hydroptila* sp.

*Lithax obscurus* (HAGEN, 1859)

*Micropterna lateralis* (STEPHENS, 1837)

*Plectrocnemia conspersa* (CURTIS, 1834)

*Potamophylax rotundipennis* (BRAUER, 1857)

*Silo pallipes* (FABRICIUS, 1781)

*Synagapetus moselyi* (ULMER, 1938)

*Synagapetus* sp.

*Tinodes unicolor* (PICTET, 1834)

#### Diptera

*Anopheles* sp.

*Chironomidae*

*Ceratopogonidae*

*Dixidae*

*Limoniidae*

*Ptychopteridae*

*Simuliidae*

*Tabanidae*

**4. táblázat.** A  $Q_{BAP}$ -index eredményei (A mintavételi helyek rövidítéseinek magyarázata az „Anyag és módszer” fejezet utolsó bekezdése szerint).

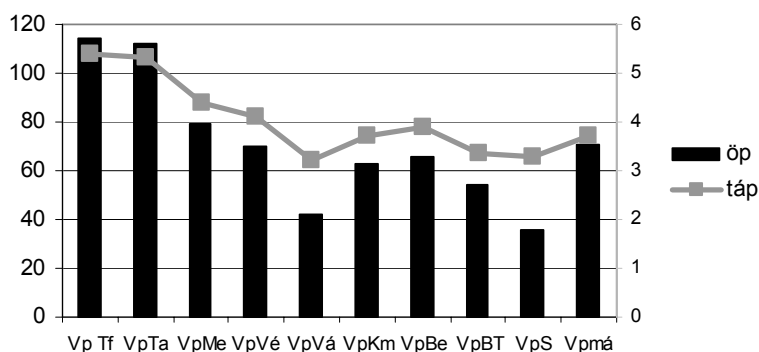
	Vp.fv	Hp.tork	Vp.T.f 100m	Vp.ta	Vp.Magyareregny	Vp.Vékény	Vp.Váralja	Vp.Kism	Vp.H-B	Vp.B-T	Vp.Sióf eá	Vmá
Tipus	2 b	2 b	2 b	2 b	2 b	8	8	8	9	9	18	17
Tavaszi	0,4	0,44	-	0,45	0,66	0,95	0,7	0,34	-	0,42	-	-
Nyári	-	-	0,52	0,4	0,39	0,61	0,3	0,18	0,18	0,23	0,08	0,4

**5. táblázat:** A MMCSP index eredményei. (A mintavételi helyek rövidítéseinek magyarázata az „Anyag és módszer” fejezet utolsó bekezdése szerint).

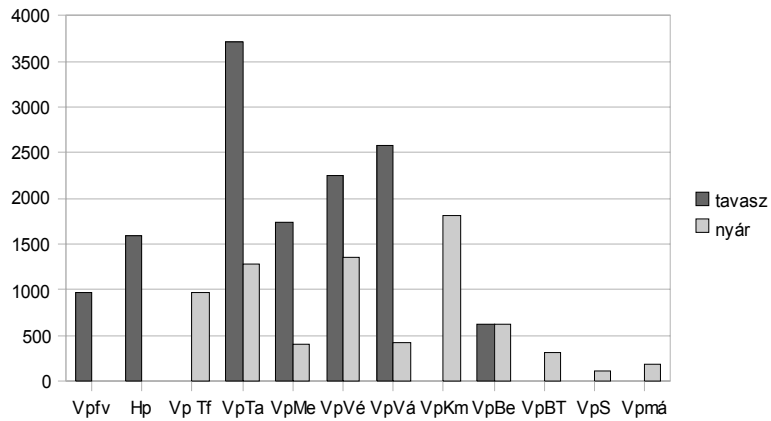
	Vp.fv	Hp.tork	Vp.T.f 100m	Vp.ta	Vp. M.eregny	Vp. Vékény	Vp. Váralja	Vp.Kism	Vp.H-B	Vp.B-T	Vp.Sióf eá	Vmá
	gyors f.	gyors f.	gyors f.	gyors f.	gyors f.	gyors f.	gyors f.	gyors f.	lassú f.	lassú f.	lassú f.	lassú f.
Tavaszi	III.A.	II.B		II.A.	II.A.	II.B.	III.A.		II.B.			
Nyári			I.C	I.C	III.A	III.A.	IV.A.	III.A.	II.B.	III.A	III.B.	II.A

Az ezt követő hosszabb szakasz változatos élőhelyeket biztosít, több kisebb mellékág is befolyik a főágba. A szakasz végén Magyareregnyénél (5. mvh.) több mutató is változást mutat a korábbiakhoz képest. A rheoindex a váraljai mellett itt mutatja a legmeredekebb zuhanást. Mind fölötté, mind alatta jelentősen magasabbak voltak az összegyedszámok, alacsonyabbak voltak a szaprobítás indexek, valamint itt a *G. roeselii* egyedszáma meghaladta a *G. fossarum*-ét, ami csak itt fordult elő a mindkét faj által lakott mintavételi helyek között. Mindezek mellett az EPT taxonok száma megegyezik a 4. mintavételi helyével nyáron (9), tavasszal pedig meghaladja azt (12).

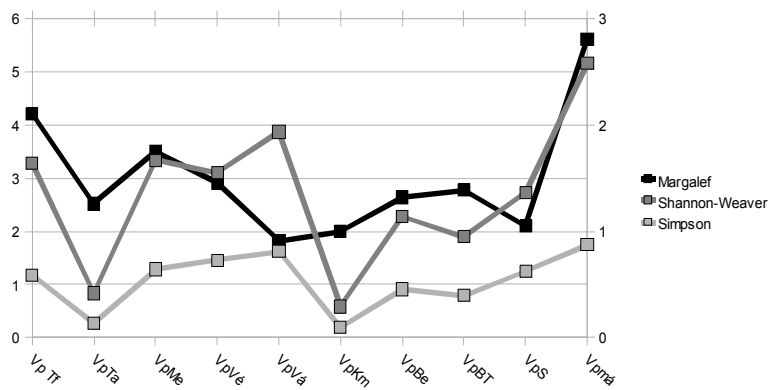
A vékényi mintavételi hely fölött már két nagyobb és egy kisebb településen is keresztülfolyik a patak. Az EPT taxonszám az egyetlen index, amely minőségromlást jelez: értéke tavasszal 9, nyáron 5. A fauna összetétele még kedvező, nyáron itt találtuk a legmagasabb *Ecdyonurus* és *Rhyacophila* egyedsűrűséget, valamint itt ismét több a *G. fossarum*, mint a *G. roeselii*. Több áramlásokedvelő hegy-, illetve dombvidéki fajt nem találtunk meg az ennél lejjebb levő mintavételi helyeken.



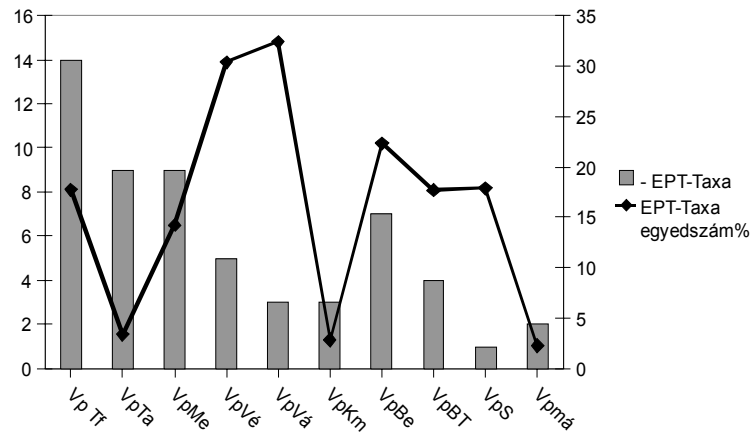
**1. ábra.** A taxononkénti átlagpontoszám és az összpontoszám alakulása a völgyégi-patak hosszszelvényében és egyes mellékágakon.



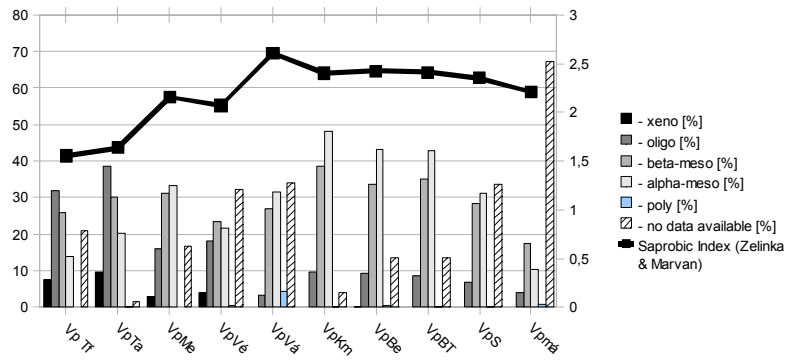
**2. ábra.** Az egyes mintavételi helyeken fogott makrogerinctelenek egyedszáma 2008-ban.



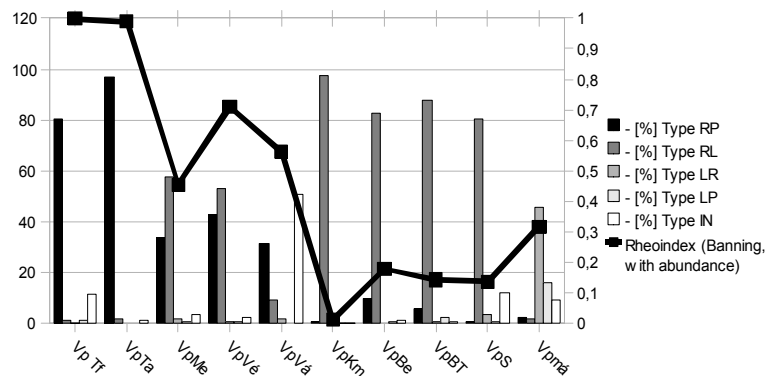
**3. ábra.** A diverzitás indexek alakulása.



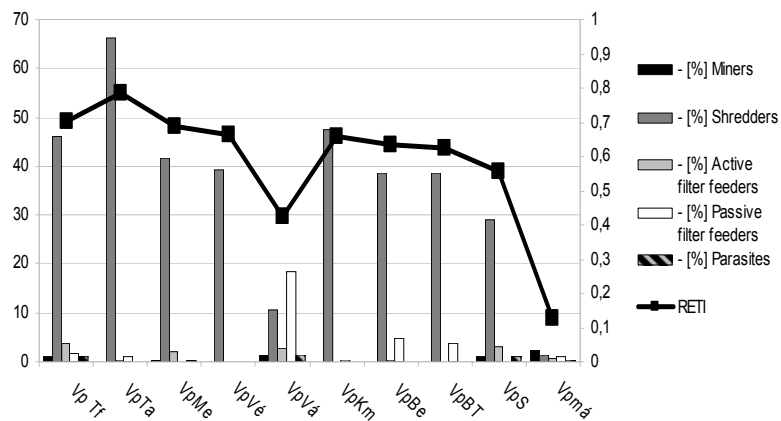
**4 ábra.** Az EPT taxonszám és egyedszám% alakulása.



5. ábra. A szaprobitás alakulása.



6. ábra. A makroszkopikus gerinctelen taxonegyüttesek áramlásigényének spektruma és a rheoindex alakulása az egyes mintavételi helyeken.



7. ábra. A különböző táplálkozási guildekbe tartozó taxonok összegyedszámhoz viszonyított százalékos aránya és a RETI alakulása



A váraljai mintavételi helyen drámai változást tapasztaltunk tavasszal és nyáron is. Máza város tisztított szennyvize nem sokkal feljebb ömlik a patakba. A Si itt éri el a legmagasabb (legrosszabb) értékét. Feltűnő az áramlásokkedvelő fajok visszaszorulása, és az *Asellus aquaticus*, az *Erpobdella* fajok, az árvaszúnyoglárva, és a kistestű gyűrűsférgek (Naididae/Tubificidae) nagyszámú megjelenése. Az indexek többsége jól jelezte a makrogerinctelen fauna nagymértékű átalakulását, kivéve a Shannon-Weaver és a Simpson-indexet, melyek júliusban a főágban itt mutatták a legmagasabb értéket, tavasszal pedig beilleszkedtek a többi közé. A Margalef-index tavasszal és nyáron is diverzitáscsökkenést mutatott.

A nyári eredmények a tavaszinál rosszabb vízminőségre utalnak, aminek nyilvánvaló oka lehet a kis vízhozamhoz társuló változatlan szennyvízterhelés. Az EPT egyedszám % index nyáron itt érte el a legmagasabb értékét, azonban ezt túlnyomórészt a *Hydropsyche angustipennis* nagy egyedszáma okozta, amely faj a szennyezésekre kevésbé érzékeny. Az EPT taxonok száma jobban jelzi a minőségromlást, értéke áprilisban 5, júliusban 3.

A kismányoki mintavételi hely előtt a csupán mechanikus tisztításnak alávetett, de jóval kisebb mennyiségű nagymányoki szennyvíz is tovább terheli a patak élővilágát. Ennek ellenére a váraljai állapothoz képest a patak vize kismértékű tisztuláson megy keresztül. Ezen a mintavételi helyen ismét nagy változás áll be a faunában, eltűnnek az *Asellus*-ok és domináns a *G. roeselii*. Az EPT taxonszám változatlan. A Si kismértékben csökken (2,4). A rheoindex itt nagyobb csökkenést mutat, mint Váraljánál.

A Hidas-Bonyhádi szelvényig kismértékben javul a víz minősége, és a patak szakaszjellege is megváltozik, a víz áramlása lassabb. A MMCSP adja a legkedvezőbb minősítést itt, ha a lassú áramláshoz tartozó alacsonyabb ponthatárokkal számolunk, tavasszal és nyáron is II.B, jó minőségű. A TÁP és az összpontszám értéke is kicsit magasabb a kismányokinál (2. ábra). A  $Q_{BAP}$ -index szerint tavasszal közepes, nyáron gyenge minőségű. Az EPT taxonszám ezzel ellentétesen alakul: áprilisban 4, júliusban 7. A diverzitás-indexek javulást jeleznek. A Si a kismányokival azonos. A rheoindex értéke Kismányokhoz képest itt jelentősen emelkedik.

A Bonyhád-Tabód közötti mintavételi helyen már 5-7 km-rel a bonyhádi tisztított szennyvíz beeresztése alatt vettük a mintát. A makrogerinctelenek egyedsűrűsége a fele az előző mintavételi helyen tapasztaltak. A MMCSP és a  $Q_{BAP}$ -index, valamint az EPT taxonszám is rosszabb minőséget jelez az előző helyhez képest, a többi index nem jelez jelentősebb változást. A vízfolyás síkvidéki jellegű, az aljzat 100%-ban psammal.

Ugyanezen a helyen, a torkolat fölött néhány 100 m-rel vettünk mintát a Völgységi-malomárookban. A főágtól nagyban különböző faunát találtunk. Csak itt fogtuk a *Gomphus vulgatissimus* lárváját, valamint több síkvidéki gyakori előfordulású fajt. Az itt fogott egyedek 32-32%-a vízibogár illetve poloska volt. A többi mintavételi helyen e taxonok maximális előfordulása 5% volt. A jövőben felsőbb, kevésbé bolygatott szakaszát is tervezzük vizsgálni.

Az utolsó mintavételi hely a Sió-csatornába torkollástól néhány 100m-re volt. A MMCSP és a  $Q_{BAP}$ -index, valamint az EPT taxonszám és a Margalef-index is rosszabb minőséget jelez az előző helyhez képest, a többi index nem jelez jelentősebb változást. Itt volt a legalacsonyabb a  $m^2$ -re számolt összegyedszám.

## Az eredmények értékelése

A MMCSP és  $Q_{BAP}$ -index nem mutatott ki különbséget sem a nyári, sem a valamivel nagyobb távolságra levő tavaszi tározó feletti minták és a tározó alatti minta között, sőt a Si is alig különbözött. Ennek egyik oka az, hogy a tározó nem halas-, vagy horgásztó, tehát kisebb terhelést kap, a vízminőség romlása tűrhető fokú lehet. Azonban a tározó alatt a Margalef-index, az EPT taxonok egyedszám aránya, és a tavaszi kiemelkedően magas egyedszám jelezte a változást. Nyáron az összes egyed 96%-a Gammaridae (*G. fossarum*). Ez magyarázza a diverzitás-indexek és az EPT taxonok egyedszám aránya jelentős csökkenését. Hasonló arány csak Kismányoknál fordult elő, néhány km-rel a mázai szennyvíztelep befolyója alatt, amikor előbb eltűntek a Gammaridák (váraljai minta), majd Kismányoknál az összegyedszám 95%-át adták, de itt már csak a *G. roeseli* fordult elő.

A Völgysegi-patak felső szakaszán, azokon a helyeken, ahol két mintavétel történt, ott az áprilisban vett minta összegyedszáma (3. ábra) a júliusinál minden esetben magasabb volt. A patak felső szakaszán a lombhullás nyomán összes bekerülő levéltömeg lebontását végző szervezetek száma megnő, majd tavasz végén, és a nyár folyamán az alacsony szervesanyag bevitel hatására számuk csökken. Ezt a dinamikát a Mézesréti-tározó módosíthatja, mivel nyáron a makrovegetáció és alga produkció, valamint az e forrásokat hasznosító fogyasztó szervezetek anyagcseréje folytán a víz szerves anyagokban feldúsul. A tározó alatt (4. mvh) a köveken vastag szerves bevonat van, ami a levelek lebontása után is elláthatja táplálékkal az állatokat. Ilyen bevonat máshol nem alakul ki a patakon. A váraljai szerves bevonat szennyvíz eredetű, más természetű. A bevonat mikroszkópos vizsgálatát a közeljövőben tervezzük elvégezni. A fentieknek megfelelően a tározó alatt áprilisban és júliusban is nagyobb összegyedszámban találtunk makrogerincteleneket, mint a tározó fölött. A tározóból tovább folyó víz felszíni elfolyással bukógáton kerül ki a tározóból, aminek során több, mint 2 métert zuhan, tehát ha esetleg a tó vize oxigénszegény lenne, ezalatt jól átlegezőzhet.

A Magyaregregy fölötti Si ugrás és rheoindex esés, valamint az alacsony összegyedszám oka még nem ismert, valószínű, hogy a Vár völgyi-árkon vélhetően érkező kisebb településről származó szennyezéssel függ össze, ezt további vizsgálatokkal kívánjuk kideríteni.

A Vékény község utáni mintavételi helyen a patak már diffúz és több kisebb pontforrásból is kaphat szennyezést, a Si mégis valamivel alacsonyabb tavasszal és nyáron is, de erről később szólnunk. A Si-el egyezően a  $Q_{BAP}$  index szerint Vékénynél (8-as típus) tavasszal valamivel jobb a patak állapota, mint Magyaregregynél (2-es típus). Azonban ennek oka a két víztesttípus eltérő karakterfajkészlete. Ha a 8-as típus karakterfajaival is kiszámoljuk a magyaregregyi mintára a  $Q_{BAP}$ -indexet (EQR-t), tavasszal 0,95 kiváló, nyáron 0,61 jó minősítést kapunk. Mindkét eredmény sokkal jobb a vékényinél. A MMCSP nem jelez jelentős változást. Egyértelmű romlást az EPT taxonszám mutat.

A fauna váraljai változását valamennyi index jól jelezte. A Si értéke 2,61, de ezt nem tekinthetjük pontos adatnak, a valóságban ennél nagyobb lehet. A Si megbízhatóan csak akkor használható, ha az állatokat fajig határozzuk. Vékénynél az egyedek 32%-a, Váraljánál 34%-a nem vett részt a Si számításában, mert nem faji szintig határoztuk, és ez megkérdőjelezi az eredmény pontosságát.

Tavaszi tapasztalataink alapján kíváncsiak voltunk, hogy milyen átmenettel alakul át a makrogerinctelen közösség Váralja és a Hidas-Bonyhádi (Bonyhád előtti) szakasz között. Ezért jelöltük ki a kismányoki mintavételi helyet. Itt az indexek egy része javulást jelzett (Si, RETI, MMCSP, Margalef, nőtt az összegyedszám), más

része romlást mutatott (Rheoindex, Shannon- és Simpson-index), míg egyesek nem változtak (EPT taxon szám). Ezen a szakaszon szabályozási munkák is történtek, a meder kiegyenesített. Ez a mederesítés növekedésével, az áramlás felgyorsulásával járhat, ami a rheoindex növekedését okozhatja. Ez félrevezető lehet, ha nem vesszük figyelembe, hogy a hidromorfológia romlása okozta. Azonban ezen a helyen érte el a rheoindex a legalacsonyabb értékét.

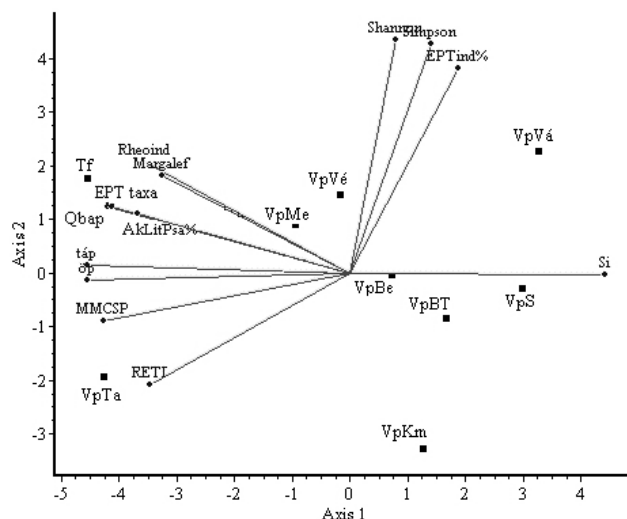
Bonyhádig tovább folyik a patak tisztulása, az indexek többsége jelzi is ezt. A  $Q_{BAP}$ -index tavasszal a felső szakaszokhoz hasonló minősítést ad, de ennek oka az, hogy ez a szakasz a 9-es víztest típusba lett sorolva, és tapasztalataink szerint ebben a típusban sokkal könnyebben ad jó minősítéseket, mint a többiben. Ebben a típusban a legalacsonyabbak a ponthatárok, és néhány oda nem illő faj is bekerült a karakterfajok közé.

A patak állapota a bonyhádi szennyvíz beeresztésétől leromlik, a torkolatig nem áll helyre, a legtöbb index ezt egyértelműen mutatja. Kivétel ez alól a RETI, ami csak a váraljai szennyvezést mutatta ki, utána értéke hasonlóan alakult, mint a felső szakaszokon, és ezután is alig csökkent az értéke, míg más indexek romlást jeleztek.

A Völgységi-malomárok faunája egészen eltérő a főágétól. Ezt indokolhatja, hogy kisvízfolyás, a vizsgált szakaszán a fák hiányoztak és mocsári növényzet is nő a medrében, tehát más élőhelyeket biztosít, de az is, hogy ismereteink szerint csak diffúz szennyezés éri. Valamennyi diverzitás index itt érte el legnagyobb értékét. A legtöbb index kedvezőbb értéket adott a főágénál, a RETI azonban itt érte el a legkisebb értékét, ennek az az oka, hogy eltérő élőhelyen más táplálkozási stratégiát használó állatok élnek.

A magyaregregyi és a bonyhádi kémiai eredményekhez hasonló vízminőségromlást a  $Q_{BAP}$ -index csak tavasszal, az MMCSP pedig egyáltalán nem jelzett. Ennek egyik oka, hogy a korábbi gyakorlatnak megfelelően a bonyhádi minta esetén a lassú áramláshoz tartozó alacsonyabb ponthatárokkal számoltuk ki a MMCSP indexet. A MMCSP két részeredménye a lassú-gyors folyáshoz tartozó ponthatároktól független TÁP és az ÖP viszont egyértelműen jelezte a romlást nyáron. Tavasszal az ÖP értéke egyezett a két helyen, csak a TÁP értéke csökkent. Célszerű a jövőben felülvizsgálni ezt a gyakorlatot a többi mintavételi ponton is, és csak a kifejezetten síkvidéki, iszapos, vízínövényekkel benőtt vízfolyásokon alkalmazni az alacsonyabb ponthatárokat.

Feltűnő, hogy mindkét index érzékeny az alacsony taxonszámmra, és ilyenkor a valósnál rosszabb minősítést ad. Így a forrásvidékhez közeli és a bonyhádi szakasz között sem a  $Q_{BAP}$ -index, sem a MMCSP nem tesz különbséget, igaz itt csak a tavaszi mintákat tudjuk összehasonlítani. A forrásvidékhez legközelebbi kis vízhozamú két mintavételi helyen csak a Si és a rheoindex adott jó minősítést. A tározó fölötti, tehát a fenti két ág összefolyása alatti nagyobb vízhozamú szakaszon a  $Q_{BAP}$ -index és a RETI kivételével minden index kiemelkedően jó állapotot jelez.



**8. ábra.** Az elemzésbe vont indexek, metrikák és a mintavételi helyek viszonya (standardizált PCA biplot)

Összességében az EPT egyedszám arány nem bizonyult jó indikátornak, mert nyáron legmagasabb értékét a váraljai szelvényben érte el. A 7. ábrán látható főkomponens analízis jól elkülönítette az indexek alapján a mintavételi helyeket. Az első tengely mentén a szennyezettség mértéke szerint különülnek el a mintavételi helyek, ugyanis e tengely meghatározásában a Si, a TÁP és az ÖP játszott a legnagyobb szerepet. Egy tanulmány szerint a TÁP (ASPT) a szerves szennyezést jól jelzi (SANDIN 2004). A diverzitás indexek közül a Margalef-index mutatja a legerősebb összefüggést az első tengellyel és az indexek többségével. A 2. tengely meghatározásában a Shannon- és a Simpson-index, valamint az EPT egyedszám % a legjelentősebb. Feltűnő, hogy e tengely origójának két ellentétes oldalán egymástól távol került a tározó fölötti és alatti minta, valamint a váraljai és a kismányoki minta. Előbbi esetben a szaprobitási jellemzőkben nincs jelentős különbség, a tározó hatása inkább a diverzitás csökkenésében jelentkezik. Utóbbi esetben a patak tisztulása mellett a diverzitás hasonlóan csökken a Shannon és a Simpson index szerint, mint a tározó alatti szelvényben.

**Köszönetnyilvánítás:** Köszönettel tartozunk Csabai Zoltánnak és Móra Arnoldnak egyes nehezen határozható fajok azonosításában nyújtott segítségükért.

#### Felhasznált irodalom

- BANNING, M. (1998): Auswirkungen des Aufstaus größerer Flüsse auf das Makrozoobenthos dargestellt am Beispiel der Donau. – Essener ökologische Schriften 9. Westarp-Wiss., Hohenwarsleben
- BÖHMER, J.– RAWER-JOST, C.– ZENKER, A. (2004): Multimetric assessment of data provided by water managers from Germany: assessment of several different types of stressors with macrozoobenthos communities. – *Hydrobiologia* 516: 215–228.

- CSÁNYI, B. (1997): Módszertani kézikönyv a vízi makroszkopikus gerinctelen (makrozoobenton) élőlényegyüttessel végzett biológiai vízminősítés céljára. – VITUKI Rt. Budapest, 45 pp.
- CSÁNYI, B. (1998): A magyarországi folyók minősítése a makrozoobenton alapján. – PhD értekezés. KLTE, Debrecen, 89 pp.
- FELFÖLDY, L. (1981): A vizek környezettana. – Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 154 pp.
- GULYÁS, P. (1998): Szaprobiológiai indikátorfajok jegyzéke – Vízi természet és környezetvédelem 6, KGI, Budapest, 95 pp.
- HORVAI, V. – CZIROK, A. – GYULAVÁRI, H.A. (2008): A víziászka (Isopoda) és felemáslábú rákok (Amphipoda) fajösszetételének és tömegességének alakulása a Völgységi-patak hossz-szelvényében – *Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica* 20: 103–110.
- KISS O. (2003): Tegzesek (Trichoptera). – Akadémiai Kiadó, Budapest, 208 pp.
- MOOG, O. (szerk.) (2002): Fauna Aquatica Austriaca, Edition 2002. – Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna
- MSZ EN 27828 (1998): Vízminőség. Biológiai mintavétel. A vízi bentikus makroszkopikus gerinctelenek kézihálós mintavételének irányelvei (ISO 7828: 1985), 7 pp.
- NÓGRÁDI, S. – UHERKOVICH, Á. (2002): Magyarország tegzesei (Trichoptera). – Dunántúli Dolgozatok Természettudományi sorozat 11: 1–386.
- OFENBÖCK, T – MOOG, O. – GERRITSEN, J. – BARBOUR M. 2004: A sterssor-specific multimetric approach for monitoring running waters in Austria using macro-invertebrates. – *Hydrobiologia* 516: 251–268.
- PODANI, J. (2000): SYN–TAX 2000 – Multivariate Data Analysis Package.
- SANDIN L. – HERING D. (2004): Comparing macroinvertebrate indices to detect organic pollution across Europe: a contribution to the EC Water Framework Directive intercalibration – *Hydrobiologia* 516: 55–68.
- SCHWEDER, H. (1990): Neue Indizes für die Bewertung des ökologischen Zustandes von Fiesgewässern, abgeleitet aus der Makroinvertebraten-Ernährungstypologie. In: FRIEDRICH, G. & J. LACOMBE (szerk.): Ökologische Bewertung von Fliesgewässern, *Limnologie aktuell* 3. – G. Fischer Verlag, Stuttgart, pp. 353–377.
- SZILÁGYI, F. – ÁCS, É. – BORICS, G. – HALASI-KOVÁCS, B. – JUHÁSZ, P. – KISS, B. – KOVÁCS, CS. – KOVÁCS, T. – LAKATOS, GY. – MÜLLER, Z. – PADISÁK, J. – POMOGYI, P. – SZABÓ, K. – SZALMA, E. – TÓTHMÉRÉSZ, B. (2006): Az ökológiai minősítés kérdései. In: SOMLYÓDI, L. – SIMONFFY, Z. (szerk.): A fenntartható vízgazdálkodás tudományos megalapozása az EU Víz Keretirányelv hazai végrehajtásának elősegítésére. – MTA Vízgazdálkodási Csoport és BME VKKT közös munkabeszámolója, kézirat, pp. 114–115.
- ZELINKA, M. – MARVAN P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. – *Archiv für Hydrobiologie* 57: 389–407.

